

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Projekt pracoviště broušení
náprav

The Project of Axle
Grinding Shop

Student:

Martin Kubla

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Josef Novák, CSc.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Kubla**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Specializace: **70 Strojírenská technologie**
Téma: **Projekt pracoviště broušení náprav**
The Project of Axle Grinding Shop

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu
2. Posouzení současného stavu
3. Návrhy řešení
4. Projekt pracoviště broušení náprav
5. Zhodnocení navrženého řešení

Seznam doporučené odborné literatury:

Organizace a řízení [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008–. [cit.2008-12-14]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/organizace-a-řízení.pdf>
NOVÁK, Josef. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava 2004, 266 s.
Ekonomika a řízení provozů [online]. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008–. [cit.2008-12-14]. URL: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/ekonomika-a-řízení-provozu.pdf>
TOMEK, Gustav. VÁVROVÁ, Věra. *Řízení výroby*. Grada Publishing, 1999. 439 s. ISBN 80-7169-578-5
KOŠTURIÁK, Ján. a kol. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: EDIS 2000, 397 s. ISBN 80-7100-553-3

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011




prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě
31. 5. 2012

.....
Kubla
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školního představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst.4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 31.5.2012



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Kubla

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Spádová 909

73581 Bohumín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KUBLA, M. Projekt pracoviště broušení náprav. Ostrava: katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, 39s. Bakalářská práce, vedoucí Novák, J.

Zpracovaná bakalářská práce se zabývá problematikou výroby náprav pro železniční dvojkolí s důrazem na finální operaci opracování – broušení. Cílem této práce je po analýze současných problémů navrhnout taková opatření, aby bylo možné zvýšit produkci výroby a zároveň snížit počet neshodných výrobků.

ANOTATION OF THESIS

KUBLA, M. The project of axle grinding shop. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2009, 39p. Thesis, head: Novák, J.

Bachelor thesis deals with the production of axles for railway wheelset with a focus on the final machining operation - grinding. The aim of this work is to analyze the current problems to suggest such measures in order to increase production while reducing production and the number of non-conforming products.

Obsah bakalářské práce

SEZNAM ZKRATEK	8
1 ÚVOD.....	9
1.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI BONATRANS GROUP A.S.	10
1.2 HISTORIE.....	11
1.3 VÝROBNÍ PROGRAM	11
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	14
2.1 SITUACE NA TRHU NÁPRAV	14
2.2 PROCES VÝROBY NÁPRAV	17
2.3 LAYOUT LINKY NÁPRAV A POPIS JEDNOTLIVÝCH VÝROBNÍCH PROCESŮ.....	18
2.4 MATERIÁLOVÝ TOK NA LINCE NÁPRAV	19
2.5 POPIS ČÁSTÍ NÁPRAVY.....	20
2.6 ANALÝZA ZMETKOVITOSTI VÝROBY NÁPRAV	21
2.7 BROUŠENÍ	22
2.8 ANALÝZA PROCESU BROUŠENÍ.....	24
3 POSOUZENÍ SOUČASNÉHO STAVU.....	27
3.1 JAKOST.....	27
3.2 KAPACITA	27
4 NÁVRHY ŘEŠENÍ.....	28
4.1 PROVĚŘENÍ NOREM SPOTŘEBY ČASU	28
4.2 NOVÉ USPOŘÁDÁNÍ STÁVAJÍCÍHO PRACOVÍŠTĚ	28
4.3 VYBUDOVÁNÍ NOVÉHO PRACOVÍŠTĚ	28
5 PROJEKT PRACOVÍŠTĚ BROUŠENÍ NÁPRAV	30
5.1 POČET A VÝBĚR BRUSEK	30
5.2 STROJNÍ VYBAVENÍ	30
5.3 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	32
5.4 CENOVÉ NÁKLADY	33
6 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ	34
6.1 OČEKÁVANÉ PŘÍNOSY	34
6.2 NÁVRATNOST INVESTICE	34
7 ZÁVĚR	36
PODĚKOVÁNÍ	37
LITERATURA:	38
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	39

SEZNAM TABULEK	39
-----------------------------	-----------

Seznam zkratek

zkratka	jednotky	popis
BTG		Bonatrans Group a.s.
CNC		computer numeric control
GO		generální oprava
LN		linka náprav
NDT		nondestructive testing
OTK		oddělení technické kontroly
RVHP		Rada vzájemné a hospodářské pomoci

1 Úvod

Téma mé bakalářské práce mi bylo navrženo firmou BONATRANS GROUP a.s. Bohumín, ve které pracuji od roku 1997, momentálně na pozici technologa přípravy výroby na Útvaru technického ředitele.



Obrázek 1 - Logo firmy

Zpracovaná bakalářská práce se zabývá problematikou výroby náprav pro železniční dvojkolí s důrazem na finální operaci opracování – broušení.

Operace broušení je úzkým místem výrobní linky náprav a limituje možnost uzavřít větší objem zakázek na složitější a finančně lépe zhodnocené typy náprav, na které se v poslední době zaměřuje obchodní strategie firmy. Současná kapacita je plně vytížená a proto pokud se má zvýšit produkce výroby je nutné vytvořit nové pracoviště, protože stávající prostory již nelze dále rozšířit umístěním nového stroje. Vytvoření nového pracoviště je řešením požadavku společnosti na zvýšení kapacit a kvality obrábění náprav pro hnací a projektová dvojkolí.

1.1 Představení společnosti Bonatrans Group a.s.

Firma Bonatrans vyvíjí, vyrábí a dodává a kompletní sortiment železničních dvojkolí, kol, náprav a obručí jak pro osobní tak nákladní železniční dopravu včetně tramvají.

Mnoholeté zkušenosti v oblasti vývoje a dodávek dvojkolí a jejich komponentů pro konkrétní aplikace a dle různorodých technických podmínek do více než 70 zemí světa předurčují firmu Bonatrans ke splnění i nejnáročnějších požadavků zákazníka.



Obrázek 2 - Mapa světa s vyznačením zemí odběratelů

Konkurence firem ve strojírenském oboru je velká a jen firmy s dobrou strategií a kvalitním řízením všech procesů mají naději na úspěch.

Vize společnosti

Tvoříme budoucnost.

Hodnoty společnosti

- Spolehlivý
- Stabilní
- Kvalitní
- Loajální
- Inovativní

Poslání společnosti

Naším posláním je trvalé zvyšování objemu a kvality našich výrobků tak, aby nám dlouholetá spokojenost našich zákazníků a závazky vůči našim akcionářům dovolily prosperovat a zabezpečovat přiměřené výnosy a kontinuální rozvoj.

S velkým nasazením investujeme do zvyšování odbornosti našich zaměstnanců, které díky jejich praxi a loajalitě považujeme za zdroj síly a dalšího růstu společnosti.

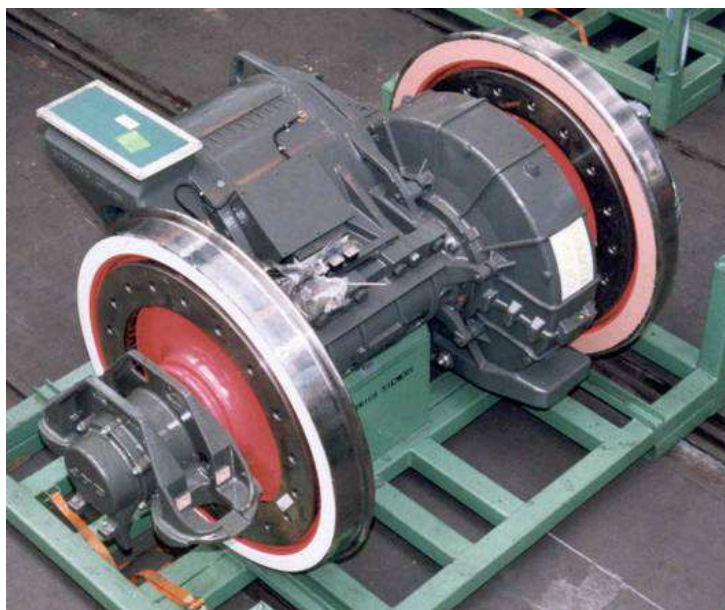
Uvědomujeme si dopady a aktivně podporujeme činnosti týkající se životního prostředí.

1.2 Historie

Počátek firmy BONATRANS GROUP a.s. se datuje do roku 1965, kdy vznikla jako Závod železniční dvojkolí v rámci Železáren a drátoven Bohumín. Hlavním sortimentem výroby měla být železniční dvojkolí pro tuzemské odběratele a zákazníky ostatních zemí střední Evropy. K zásadní změně došlo v roce 1989 po rozpadu RVHP, kdy se změnila situace na trhu. Firma začala rozvíjet své obchodní aktivity a snažila se proniknout na další trhy po celém světě. Roku 1998 byla uvedena do provozu další linka na opracování kol v nově postavené hale. V roce 1999 vznikl samostatný podnik Bonatrans a.s. a firma se začala v širším měřítku rozvíjet po stránce technologické i obchodní. Byla instalována další nová obráběcí centra a v roce 2005 i nový kovací lis. Obrat v roce 2007 dosáhl devítinásobku obrátu roku 1991.

1.3 Výrobní program

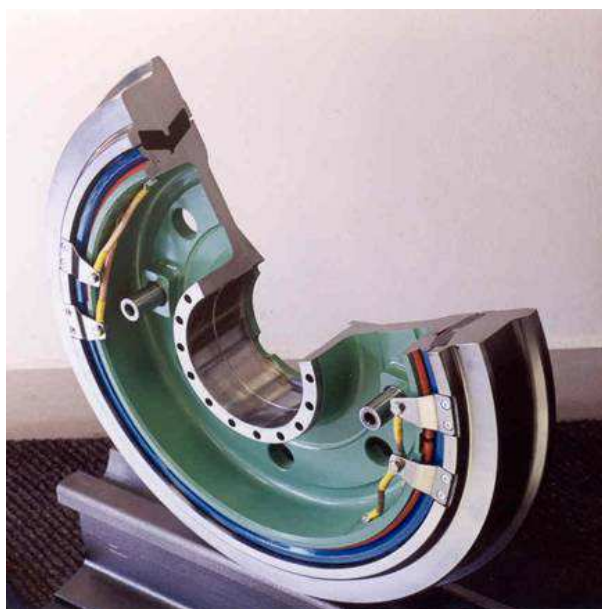
BONATRANS GROUP a.s. je největším evropským a jediným českým výrobcem železničních dvojkolí a jejích částí. Své výrobky dodává do více než 70 zemí světa. Firma vyrábí dvojkolí pro osobní i nákladní dopravu a pro městskou hromadnou dopravu. V současné době zaměstnává okolo 1250 zaměstnanců. Železniční dvojkolí se vyrábí v mnoha různých provedeních dle požadavků odběratelů a platných norem uživatelské železnice. K nejsložitějším výrobkům patří vysokorychlostní hnací dvojkolí pro osobní přepravu osazená převodovkou, ložiskovými domky, brzdovými kotouči a tlumi hluku.



Obrázek 3 – Hnací dvojkolí s převodovkou

Sortiment výroby zahrnuje dále různé varianty dvojkolí pro nákladní dopravu, kde je nutno řešit otázky vlivu tepelného zatížení z brždění těžkých vagónů. Obrázek 3

Bonatrans se také intenzivně zabývá otázkou snižování hluku při provozu železničních vozidel. V této oblasti nabízí vlastní originální konstrukci pryží odpruženého kola pro městskou a příměstskou dopravu a také různé varianty vlastních tlumičů hluku přesně „laděných“ dle požadavků a potřeb zákazníků.



Obrázek 4 – Řez pryží odpruženým složeným kolem

Ačkoli se firma snaží o vytvoření výrobku „šitého na míru“ zákazníkovi, přílišná různorodost typů výrobků používaných jedním zákazníkem by byla neefektivní. Proto se svými klíčovými zákazníky pracuje také na společné unifikaci výrobků pro jednotlivé typy výrobků.

Nezapomínáme ani na záruční a pozáruční servis, proto významnou část produkce Bonatrans tvoří výrobky pro náhradní spotřebu.

Bonatrans má vlastní oddělení pro výzkum a vývoj, které se zabývá vývojem nových materiálů, výrobků a technologií, které zvyšují užitnou hodnotu výrobků pro zákazníky a reagují na současné i budoucí potřeby zákazníků. V rámci Útvaru technického ředitele se na výzkumu a vývoji podílí přibližně 20 pracovníků.

2 Analýza současného stavu

2.1 Situace na trhu náprav

Relevantní trh náprav

Trh železničních náprav má poněkud jinou velikost a charakter, než trh železničních kol. Zatímco u kol se jedná o součást podvozku, která se provozem opotřebovává a je třeba ji vícekrát během životního cyklu vozidla vyměnit, náprava je konstruovaná pro celou dobu životnosti vozidla a je měněna pouze v případě poškození. Proto je u železničních náprav podíl dodávek pro náhradní spotřebu oproti dodávkám pro nová vozidla výrazně menší, než je tomu u železničních kol.

Z hlediska složitosti se dají železniční nápravy rozdělit na dvě základní skupiny:

- **nápravy pro nákladní vozy** - jednoduché provedení, pro BTG představují jednodušší a sériovější výrobu. Ale tyto nápravy mají nižší tržní ceny a tím také nižší zisk.
- **nápravy pro osobní vozy** - složitější provedení, více sedel a broušených částí, časté požadavky na speciální úpravu povrchů (molybdenování, válečkování). Ve většině případů nových náprav vyžadují také složitější tepelné zpracování (kalení = více průchodů pecemi tepelného zpracování). Tyto nápravy se vyrábějí v menších sériích, ale jejich tržní cena je vyšší.

Nápravy pro prvovýrobce železničních vozidel

- nové vozy osobní a lokomotivy
Evropa - 22.000 ks
Mimo Evropu - 33.000 ks, z toho 22.000 ks Asie (hlavně Indie a Čína)
- nové vozy nákladní
Evropa - 50.000 ks (průměrná hodnota, v současnosti je zvýšená spotřeba až 60.000 volných náprav)
Mimo Evropu - 740.000 ks (ale vesměs nedostupných pro BTG vzhledem k nízkým cenám)

Náhradní spotřeba

Náprava je konstruovaná pro celou dobu životního cyklu vozidla a je měněna pouze v případě poškození. Vzhledem k tomu můžeme odhadnout jejich potřebu na max. 5% z ročního počtu kol pro náhradní spotřebu; tedy:

- Evropa:
 - osobní a lokomotivní: 5.000 ks
 - nákladní: 8.500 ks
 - CELKEM: 13.500 ks
- Mimo Evropu
 - osobní a lokomotivní: 16.000 ks
 - nákladní: 110.000 ks
 - CELKEM: 126.000 ks

Relevantní trh BTG:

Celkovou celosvětovou spotřebu železničních náprav odhadujeme na cca 990 tis. ročně

Relevantním trhem jsou nápravy pro osobní dopravu a lokomotivní v rámci celého světa a nákladní nápravy v rámci Evropy

- Osobní a lokomotivní nápravy: 55.000 ks pro nové vozy a 21.000 ks náhradní spotřeba
- Nákladní nápravy: 50.000 ks pro nové vozy a 8.500 ks pro náhradní spotřebu.
- Celkem: 134.500 ks náprav

Podíl BTG na relevantním trhu:

Bonatrans v roce 2010 vyrobil cca 28.000 ks dvojkolí a 8.000 ks volných náprav, tedy celkem 36.000 ks náprav, což odpovídá podílu 27% na relevantním trhu.

Podíl na relevantním trhu osobních a lokomotivních náprav je 10%. (Bonatrans v roce 2010 vyrobil 7.300 náprav)

Podíl na relevantním trhu nákladních náprav je 49%. (Bonatrans v roce 2010 vyrobil 28.500 náprav)

Tržní potenciál

Podíl Bonatrans na relevantním světovém trhu náprav dle dodávek v roce 2010 byl 27%. V roce 2011 se předpokládá dodávka cca 40.000 náprav, tedy nárůst podílu na 30%.

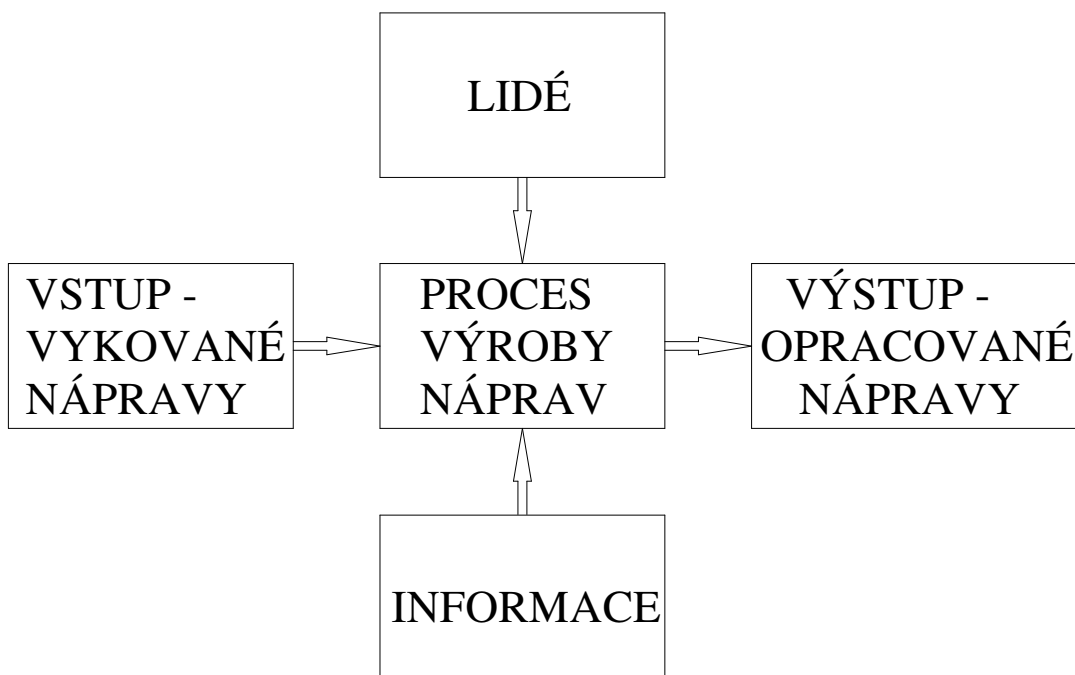
Z hlediska podílu na jednotlivých segmentech tohoto trhu je vidět, že větší potenciál růstu je především v oblasti náprav pro osobní a lokomotivní dopravu, nicméně vzhledem k dominantnímu postavení Bonatrans na trhu nákladních dvojkolí je určitý potenciál i v tomto segmentu.

Dosažení úrovně prodeje ve výši 50.000 náprav ročně (jak ve dvojkolích, tak ve volných dílech) je z hlediska tržního potenciálu reálné. Výsledný podíl společnosti Bonatrans na relevantním světovém trhu by pak byl 37%.

2.2 Proces výroby náprav

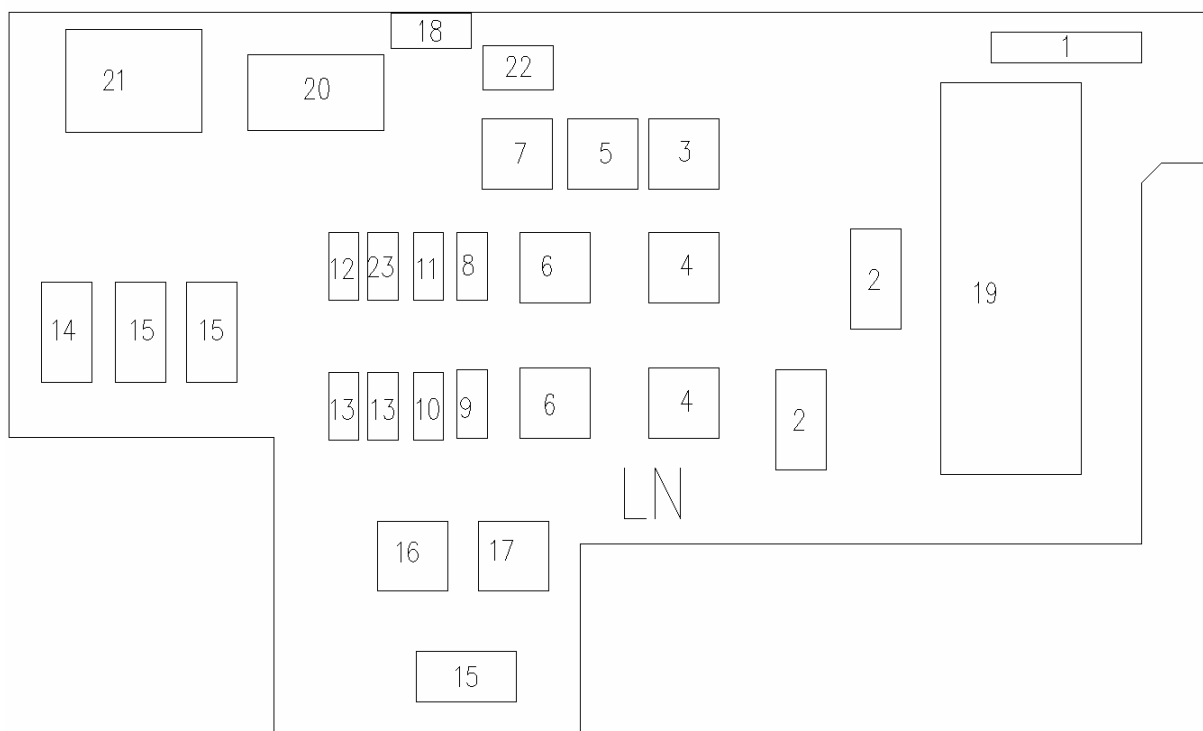
Proces výroby náprav ve firmě Bonatrans Group a.s. je možno rozdělit na dva výrobní procesy – proces kování náprav a proces obrábění náprav. Na pracovišti kovárna náprav je vstupní materiál – předvalky kruhového nebo čtvercového průřezu od vnějších dodavatelů přeměněn kováním na vykovanou nápravu tzv. výkovek.

Ve výrobním procesu na obrobně linky náprav dochází ke změně výkovku na nabroušenou nápravu přesně dle požadavků zákazníka a je charakterizován vstupy, procesem výroby a výstupy viz Obrázek 5. Vstupem pro obrobní linky náprav jsou výkovky (vykované nápravy) z kovárny linky náprav. Nápravy procházejí jednotlivými výrobními procesy. Po dokončení výroby jsou nápravy expedovány zákazníkovi jako volné nápravy do opraven nebo z větší části jsou určeny pro montáž dvojkolí a převodovek, tzn. že odběratelem je interní zákazník a to linka montáže dvojkolí. Výrobní proces zásadním způsobem ovlivňují stroje, lidé, informace, okolní podmínky a další faktory.



Obrázek 5 – Výrobní proces

2.3 Layout linky náprav a popis jednotlivých výrobních procesů



Obrázek 6 – Schéma rozmístění výrobních procesů

Popis jednotlivých výrobních procesů je znázorněn na Obrázek 6:

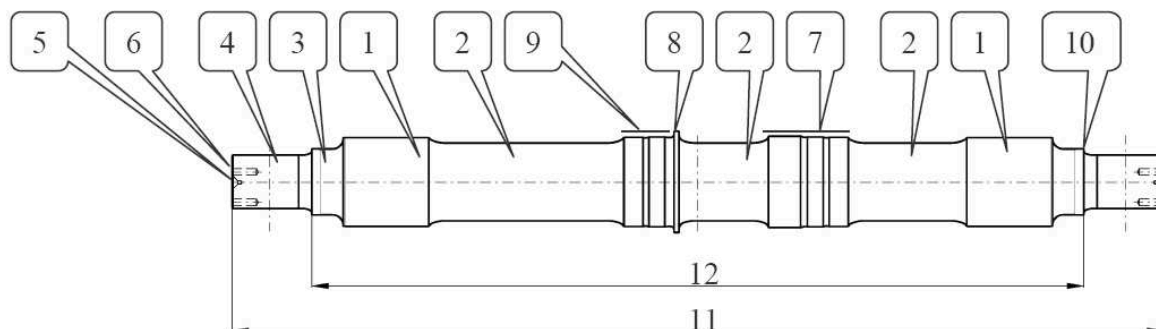
1. Speciální navrtávací stroj KRB
2. SPH 50 CNC pro hrubování celé nápravy
3. Horizontální vyvrtávačka WFQ 80 NCA CNC/50
4. Obráběcí centrum pro úpravu čel SPON
5. Soustruh kopírovací TOA 40 Z
6. Soustružení na čisto SPH50 D CNC
7. Soustružení na čisto SPU 40 CNC
8. Válečkovací stroj HEGENSHEID 7623
9. Ultrazvuk podélný a příčný
10. Pracoviště uvolňování náprav
11. Kontrolní stanoviště náprav (OTK – VN)
12. Soustruh univerzální 2 x SU 63 A
13. Soustruh univerzální 2 x SU 63 A
14. Bruska univerzální 1 x BUC 63 A
15. Bruska univerzální 3 x BUC 63 A CNC
16. Bruska nakulato zapichovací Re 600 GIUSTINA s NC orovnáváním

17. Bruska nakulato zapichovací Re 600 GIUSTINA s NC orovnáváním
18. Magnetoskopie
19. Kontrolní stanoviště náprav
20. Uvolněné nápravy
21. Rozpracované nápravy
22. Magnetoskop SW260
23. Válečkovací stroj MASTURN

2.4 Materiálový tok na lince náprav

- Vstupní materiál – výkovky surových náprav se dopravují krokovým dopravníkem.
- Navrtávání středících důlků pro hrubování na speciálním stroji pro navrtávání náprav (pracoviště 1) nebo univerzálních strojích určených pro navrtávání středících důlků (pracoviště 3), po navrtávání se dopravují na manipulátory u hrubovacích strojů nebo se odkládají do odkládacích stojanových zásobníků (21).
- Hrubování na soustruzích (pracoviště 2, 5).
- Úprava čel na speciálním pracovišti pro úpravu čel (pracoviště 3, 4)
- Soustružení náprav načisto (pracoviště 6, 7)
- Válečkování náprav na speciálním válečkovacím stroji (pracoviště 8, 23) nebo pomocí válečkovacích nástrojů na samostatně stojících soustruzích (pracoviště 12).
- Ultrazvuková kontrola náprav v podélném a příčném směru (pracoviště 9).
- Skladování rozpracovaných náprav pro vyrovnání teplot před broušením (21)
- Broušení náprav na speciálních bruskách nakulato (pracoviště 16,17) nebo na univerzálních bruskách (pracoviště 14, 15).
- Magnetoskopická kontrola náprav polévací metodou (pracoviště 18)
- Opravy vadných náprav (pracoviště 13).
- Uvolňování náprav (pracoviště 10) – vizuální a rozměrová kontrola a doprava do skladovacího prostoru (20) – prostor pro uvolněné nápravy.
- Uvolňování volných náprav – rozměrová a vizuální kontrola s následným nátěrem a balením (11).

2.5 Popis částí nápravy



Obrázek 7 – Popis částí nápravy

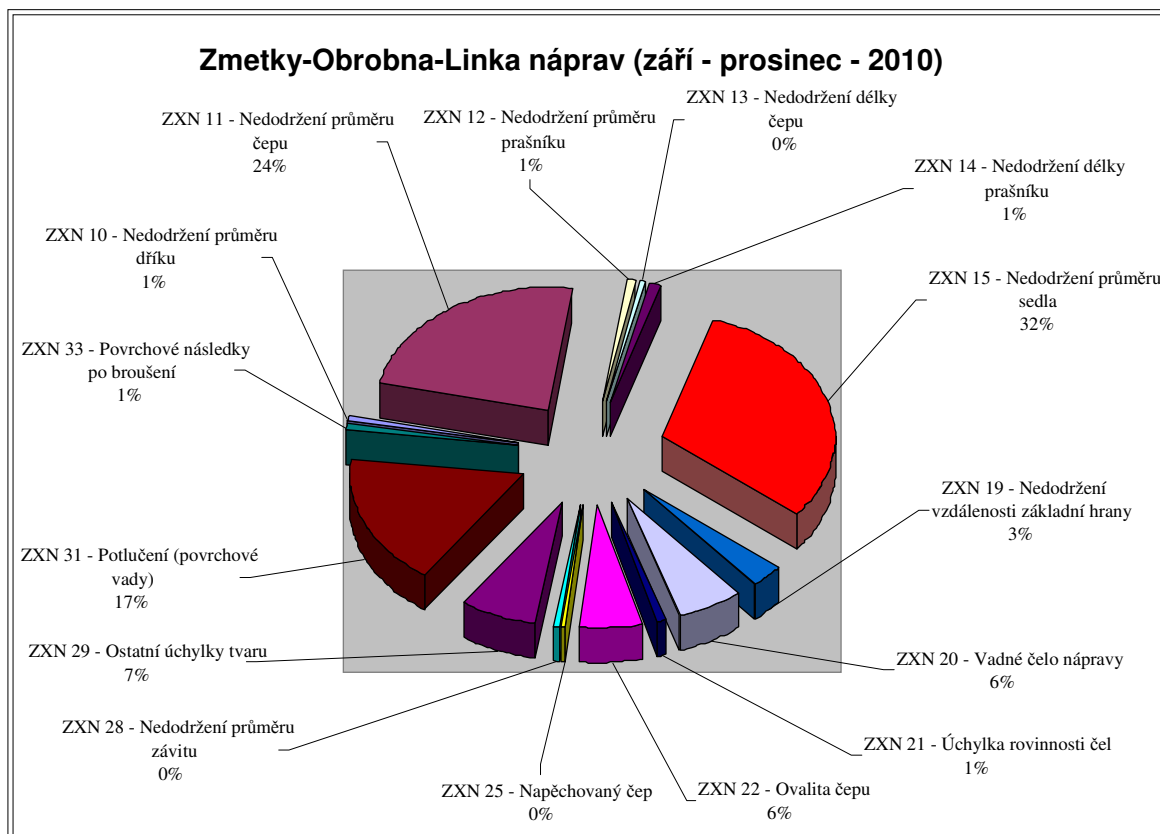
1. sedlo pro kola
2. dřík
3. prašník (sedlo opěrného kroužku)
4. čep pro ložiska
5. středící důlek
6. čelo nápravy
7. sedlo pro převodovku
8. osazení
9. čep pro tlapové ložisko
10. základní hrana
11. délka nápravy
12. vzdálenost základních hran

2.6 Analýza zmetkovitosti výroby náprav

Zmetkovitost je v BTG sledována mezi vstupem a výstupem jako celek. Evidují se chyby, které nastaly při výrobě náprav. Typ vady je označen dle vzorníku vady náprav.

V roce 2010 bylo vyrobeno 33 064 ks náprav při celkové zmetkovitosti 4,8%

Celkem je to 1600 ks vadných náprav.



Graf 1 Zmetky za rok 2010 dle typu vady za měsíce září až prosinec

Po provedení analýzy zmetkovitosti dle typu vad bylo zjištěno:

Vady způsobené v procesu broušení:

- ZNX15 – nedodržení průměru sedla 32%
- ZNX11 – nedodržení průměru čepu 24%
- ZNX22 – ovalita čepu 6%
- ZNX12 – nedodržení průměru prašníku 1%
- ZNX33 – povrchové následky po broušení 1%

Součet vad způsobených broušením je 64%. Zlepšením procesu broušení by bylo možné výrazným způsobem snížit celkovou zmetkovitost na lince náprav.

2.7 Broušení

Broušení lze charakterizovat jako obrábění mnohobřitým nástrojem vytvořeným ze zrn brusiva, která jsou spojena pojivem. Historicky patří mezi nejstarší metody obrábění materiálů, které člověk využíval již v prehistorických dobách k výrobě nebo úpravě životně důležitých pomůcek, především k ostření pracovních nástrojů a zbraní.

V současné době je broušení využíváno jako hlavní metoda dokončovacího obrábění ve strojírenské výrobě, např. v automobilové výrobě tvoří brusky a další dokončovací obráběcí stroje 25 % a ve výrobě valivých ložisek až 60 % všech obráběcích strojů.

S vývojem výkonných brousicích nástrojů a brusek se význam broušení rozšiřuje z původní oblasti dokončování i na hrubovací operace a je zřejmé, že z hlediska produktivity i výrobních nákladů může konkurovat ostatním metodám obrábění.

K hlavním charakteristickým znakům broušení patří:

- Nepravidelný úběr třísky jednotlivými zrny brusiva v důsledku různé geometrické formy zrn a nepravidelnosti jejich rozmístění v brousicím nástroji. Tato skutečnost (spolu s délkovou roztažností obrobku) se projevuje např. při tzv. „vyjiskřování“, kdy brousicí kotouč při opakovaném posuvu obrobku odebírá malé množství třísek přesto, že hodnota pracovního záběru ostří zůstává nezměněna.
- Nestejné, ale vesměs velké záporné úhly čela jednotlivých zrn brusiva (ovlivnění oblasti primární plastické deformace a podmínek tření).
- Poměrně slabé upevnění zrna v pojivu brousicího kotouče - zrna jsou schopna přenášet pouze malé řezné síly, při broušení dochází k samovolnému uvolňování jednotlivých zrn nebo jejich částí (tzv. „samoostření“ brousicího kotouče).
- Malé průřezy třísek (řádově $1 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$), přerušovaný řez s proměnným průřezem třísek (podobně jako u frézování). V důsledku velkých plastických deformací a vnějšího i vnitřního tření se některé třísky ohřejí natolik, že se roztaví a vytvoří kapky kovu nebo shoří (jiskření).
- Velké měrné řezné síly (odpory), řádově až několik desítek tisíc MPa (souvisí s malým průřezem třísek).
- Vysoké hodnoty řezné rychlosti (30 až 100 ms^{-1}) a z nich vyplývající krátká doba záběru zrn brusiva s obrobkem.

- Velké množství vzniklého tepla a z toho vyplývající nutnost vydatného chlazení obrobku. Tepelné zatížení má za následek vznik nepříznivých tahových zbytkových napětí v povrchové vrstvě obrobené plochy (negativní vliv na spolehlivost a životnost součásti při funkci).
- Zanášení pórů nástroje třískami, což spolu s otupováním ostří jednotlivých zrn brusiva vede ke ztrátě řezivosti nástroje. Řezivost brousicích kotoučů (i jejich původní tvar) lze obnovit pomocí různých typů orovnávačů (jednokamenové orovnávače, více kamenové orovnávače, ploché orovnávače, tvarové orovnávače).

Brousicí proces se uskutečňuje různými metodami, které jsou definovány podle různých kritérií. Podle tvaru obrobeného povrchu a způsobu jeho vytváření se rozlišuje:

- rovinné broušení (výsledkem je rovinná plocha)
- broušení do kulata (výsledkem je rotační povrch)
- broušení na otáčivém stole (broušení s rotačním posuvem)
- tvarové broušení (broušení závitů, ozubených kol apod.)
- kopírovací broušení (broušení s řízenou změnou posuvu, NC a CNC stroje)
- broušení tvarovými brousicími kotouči (profil brousicího kotouče určuje konečný profil obrobku)

Podle aktivní části brousicího kotouče se specifikuje :

- obvodové broušení (broušení obvodem kotouče)
- čelní broušení (broušení čelem kotouče, kolmým k jeho ose)

Podle vzájemné polohy brousicího kotouče a obrobku se charakterizuje :

- vnější broušení (broušení vnějšího povrchu obrobku)
- vnitřní broušení (broušení vnitřního povrchu obrobku)

Podle hlavního pohybu posuvu stolu vzhledem k brousicímu kotouči (termínem „stůl“ se označuje pohyblivá část brousicího stroje vzhledem k jeho základu, na stůl brusky se upevňuje obrobek nebo brousicí vřeteník) se definuje :

- axiální broušení (hlavní posuv stolu je rovnoběžný s osou kotouče)
- tangenciální broušení (hlavní posuv stolu je rovnoběžný s vektorem obvodové rychlosti kotouče ve zvoleném bodě D)
- radiální broušení (hlavní posuv stolu ve zvoleném bodě D je radiální vzhledem k brousicímu kotouči)
- obvodové zapichovací broušení (posuv stolu je plynulý radiální)

- čelní zapichovací broušení (posuv stolu je plynulý axiální)¹

2.8 Analýza procesu broušení

Proces broušení náprav v BTG je nutno rozdělit dle typu strojů na dvě pracoviště:

- Broušení na strojích GIUSTINA
- Broušení na strojích BUC

Bruska GIUSTINA

Bruska GIUSTINA zobrazena na Obrázek 8 je speciální stroj obsahující dva kotouče. Profilovým kotoučem se brousí čep a prašník nápravy současně. Rovinným kotoučem se brousí sedlo nápravy i s náběhem. Na tomto typu stroji probíhá broušení vagónových náprav bez převodovky. Broušení náprav s převodovkou s větším počtem kusů v zakázce je možné brousit také na tomto stroji. Výhoda broušení náprav na bruskách GIUSTINA je rychlost broušení. Nevýhodou broušení na těchto bruskách ovšem je, že nelze dosáhnout nízkých drsností broušených ploch (nejlépe Ra 0,8μm) a dosahují menší přesnost (IT6) než bruska BUC.



Obrázek 8 – Bruska Giustina

Postup broušení náprav:

Soustružená náprava s přídavky na broušení je opatřena středícími důlky, opracována na hotovo dle požadavku zákazníka včetně konečného opracování čel náprav na stroji WFQ 80,

¹ HUMÁR, A. *Technologie I. - Technologie obrábění 3.část* [online]. VUT Brno 2005 [cit. 5.března 2011]. Dostupný z WWW: < <http://www.fme.vutbr.cz/opory/>>. s. 3-5

resp. Linky SPON, upnuta mezi hroty (vřeteno a koník) a otáčena kolem své osy pomocí vřetene. Oba brousící kotouče (profilový a rovinný) se otáčejí kolem své osy. Najetím profilového kotouče k profilu nápravy dochází k broušení profilu (čepu a prašníku). Poté se stejný postup provede u rovinného kotouče. Nabroušení správného průměru je indikováno a sledováno měřicím zařízením MARPOS. Při dosažení požadovaných broušených průměrů je broušení nápravy ukončeno. Poté je náprava otočena o 180° a stejná operace se provede pro druhý profil a druhé sedlo. Tímto je náprava nabroušena.

Bruska BUC 63

Stroj BUC 63 CNC zobrazen na Obrázek 9 slouží jako hrotová bruska pro universální broušení jednotlivých ploch nápravy (čep, prašník, sedla atd.) soustružených na rozměr s přídkem okolo 0.5mm na konečný broušený průměr, při kterém je kladen nejvyšší důraz na přesnost a kvalitu – tuto operaci nazýváme broušení. Požadavky na konečné geometrické a rozměrové přesnosti broušených ploch náprav jsou řádově v „tisícinách milimetrů, proto je kladen velký důraz na tuhost stroje a jeho stabilitu při stálém broušení, výkon a opakovanou přesnost včetně kvality povrchu nápravy. Všechny tyto požadavky splňuje stroj BUC 63 CNC jenž byl vyroben v Praze v závodě CETOS a.s.

Na stroji BUC se provádí broušení náprav s malým počtem kusů v zakázce, nápravy s přísnými tolerancemi, převodovky náprav, molybdenované a duté nápravy, nápravy s kuželovými sedly.

Broušení náprav na strojích typu BUC jsou ve firmě BTG úzkým místem z důvodu rozmanitosti sortimentu broušení, časové náročnosti na broušení a požadavků na vysokou přesnost. Na bruskách BUC lze dosáhnout drsnosti broušených ploch až Ra 0,2μm ve třídě přesnosti IT5.



Obrázek 9 – Bruska BUC 63 CNC

Postup broušení náprav:

Soustružená náprava s přídavky na broušení je opatřena středícími důlky (opracována na hotovo dle požadavku zákazníka včetně konečného opracování čel náprav na stroji WFQ 80, resp. Linky SPON1,2), upnuta mezi hroty (vřetenem a koník) a otáčena kolem své osy pomocí unášecího srdce spojeného s vřetenem. Přísuvem brusného kotouče, který se točí, do otáčející se nápravy, ale v opačném smyslu, dochází k úběru materiálu – broušení. Náprava je vůči brusnému kotouči bez podélného pohybu-posuvu (mluvíme o zápichovém broušení), nebo v podélném pohybu (mluvíme o podélném broušení, který dále existuje v různých modifikacích). Kromě automatického sériového broušení pomocí volby vhodného programu, lze stroj použít i pro ruční broušení. Tyto cykly broušení náprav jsou stanoveny jednotlivými programy pro každý typ nápravy a vše je řízeno řídicím systémem stroje, v tomto případě je to systém SINUMERIK 840D. Proces broušení a aktuální běh programu lze sledovat na ovládacím panelu stroje, jež slouží zároveň k ovládání stroje. Proces broušení je zároveň monitorován zařízením PROMETEC, sloužící ke sledování optimálního stavu a průběhu při broušení jednotlivých ploch nápravy.

3 Posouzení současného stavu

3.1 Jakost

Jak už vyplynulo z rozboru Analýza zmetkovitosti výroby náprav je operace broušení největším původcem neshodných výrobků v procesu výroby železničních náprav. Součet vad způsobených broušením činí 64% z celkového počtu neshodných výrobků. Zlepšením procesu broušení by bylo možné výrazným způsobem snížit celkovou zmetkovitost na lince náprav. Jedním z možných negativních faktorů je umístění brusek ve společné hale s další výrobou, kde probíhá často navážení a odvážení materiálů z venkovních prostor a tím dochází ke kolísání teploty, která ve velké míře ovlivňuje rozměry náprav při broušení. Dalšími faktory ovlivňujícími jakost výroby jsou technický stav strojního zařízení, použitá technologie výroby a také kvalita obsluhy.

3.2 Kapacita

V současné době je výrobní kapacita na všech bruskách využita v „nepřetržitém“ provozu. Takže navýšení výroby pouhým zvýšením směnnosti nepřípadá v úvahu. Určitého zvýšení výroby by se dalo docílit racionalizací materiálových toků, prověřením norem spotřeby času, ale s největší pravděpodobností by se jednalo o minimální počet. Také v plynulosti zásobování materiálem nedochází k žádným časovým ztrátám.

4 Návrhy řešení

Pro zvýšení výrobní kapacity a snížení počtu neshodných výrobků lze navrhnout hned několik variant a postupů řešení a některé z nich se mohou i vzájemně kombinovat.

Návrhy řešení:

1. Prověření norem spotřeb časů
2. Nové uspořádání stávajícího pracoviště
3. Vybudování nového pracoviště

4.1 Prověření norem spotřeby času

Základem řešení tohoto postupu je kontrola stávajících norem spotřeby času. Protože na základě objektivních norem spotřeby času je možno zajistit plné využití kapacit výrobního procesu, nebo stanovit optimální počty pracovníků pro vykonání určitého množství práce.

Podle mého názoru by se po provedení snímků pracovního dne strojů i obsluhy a jejich následné analýze mohly stávající normy zpřesnit o 5 až 10%.

4.2 Nové uspořádání stávajícího pracoviště

Tato varianta je založena hlavně na izolování brusek od okolní výrobní haly, ve které jsou umístěny, vybudováním stěn. Předešlo by se problémům s výkyvy teploty a tím by se snížil počet neshodných výrobků. S vybudováním stěn by se, ale také musel přepracovat systém navážení a odvozu náprav, neboť nápravy připravené pro broušení by měly být uloženy ve stojanu v nově uzavřeném prostoru pracoviště s bruskami. Samozřejmě velkou nevýhodou této varianty je, že by se musela realizovat „za plného provozu“, protože zastavení výroby v celé hale je nemyslitelné.

4.3 Vybudování nového pracoviště

Jedná se o myšlenku vybudování nového pracoviště v nových prostorách s nákupem nových strojů a vytvoření nových pracovních míst. V případě využití této varianty by se značně zvýšila výrobní kapacita a to podle počtu nových strojů. A umístěním do samostatných prostorů by se vyřešily i problémy s kolísáním teplot.

Tento způsob řešení lze rozdělit na dvě varianty:

- vybudování nové haly
- využití již postavené haly používané k uskladnění rozpracované výroby

Při využití již postavené haly by samozřejmě odpadly náklady spojené s přípravou a vybudováním nové. Také by se určitě značně snížila doba realizace tohoto pracoviště. Rozměry haly pro rozpracovanou výrobu jsou 44x13m.

5 Projekt pracoviště broušení náprav

Po konzultacích se zainteresovanými lidmi z vedení společnosti, ale také přímo z výroby jsem se rozhodl pro realizaci výstavby nového pracoviště z využitím již postavené haly. Do této haly lze bez problémů umístit dvě pracoviště pro brusky, jedno pracoviště pro magnetoskopickou zkoušku, jedno pracoviště pro ultrazvukovou zkoušku, jedno pracoviště pro univerzální soustruh k uvolňování náprav a stojany pro rozpracovanou a hotovou výrobu.

5.1 Počet a výběr brusek

Z hlediska vedení společnosti je požadována výrobní kapacita nového pracoviště broušení náprav v počtu 10000 ks/rok. A to s rozložením sortimentu na 4000 ks projektových náprav a 6000 ks náprav pro dvojkolí.

Kvůli úsporám ve spotřebním materiálu, údržbě, zaškolování obsluhy, přípravě CNC programů a dalších přípravků jsem se rozhodl do tohoto pracoviště umístit brusky BUC 63 CNC, jež se používají k broušení požadovaného sortimentu na stávajícím pracovišti.

Protože se tyto brusky již v BTG používají lze celkem přesně ze zkušeností určit jejich roční výrobní kapacita, která je stanovena na 5000 ks. Z tohoto údaje určíme potřebný počet brusek pro nové pracoviště na 2 ks.

5.2 Strojní vybavení

Kromě již výše zmiňovaných brusek musí být nové pracoviště pro broušení náprav vybaveno dalšími stroji. Tak aby následné operace po broušení mohly probíhat co nejplynuleji a bez zbytečné manipulace s materiálem. Každá náprava po výrobních operacích musí projít celou řadou zkoušení.

Ultrazvuková zkouška

Patří mezi povinné nedestruktivní zkoušky. Musí jí projít každá vyrobená náprava. Zkoušku provádí proškolený pověřený pracovník Oddělení technické kontroly (OTK). Tato zkouška se může provádět ručně, nebo automaticky podle vybavení pracoviště.

Pro nové pracoviště broušení náprav jsem se rozhodl pro umístění automatického ultrazvukového zařízení pro zkoušení náprav DIO 2000 firmy Starman Electronics.

Magnetoskopická zkouška

Patří mezi nepovinné, ale často žádané nedestruktivní zkoušky. Zkoušku provádí proškolený pověřený pracovník OTK. Tato zkouška se provádí automaticky na speciálním pracovišti.

Pro nové pracoviště broušení náprav jsem se rozhodl pro použití stacionárního magnetovacího stolu MZO 3000 firmy PTS.

Uvolňování

Poslední operací před nátěrem a expedicí u volných náprav, nebo použitím náprav k lisování na dvojkolí je operace uvolňování. Provádí se na kontrolním stole, její náplní je vizuální a rozměrová kontrola. Případné nesrovnalosti jako ostré hrany či „viditelné přechody“ se odstraňují pomocí univerzálního soustruhu.

Pro nové pracoviště broušení náprav jsem se rozhodl pro použití soustruhu TRENS SUI 80.

Automatické manipulační zařízení

Do nového pracoviště jsem se rozhodl umístit dvě na sobě nezávislé automatické manipulační zařízení od firmy Güdel:

- první linka obsluhující brusky
- druhá linka obsluhující zařízení pro zkoušení náprav

Linka obsluhující brusky

Nápravy budou do linky naváženy vysokozdvizným vozíkem ze stojanů. Kromě vlastního manipulátoru zavážejícího nápravy do brusek budou součástí linky krokové dopravníky na vstupu a výstupu brusek a odkládací dopravník. Krokové dopravníky musí mít elevátory pro odběr manipulátorem.

Linka obsluhující zařízení pro zkoušení náprav

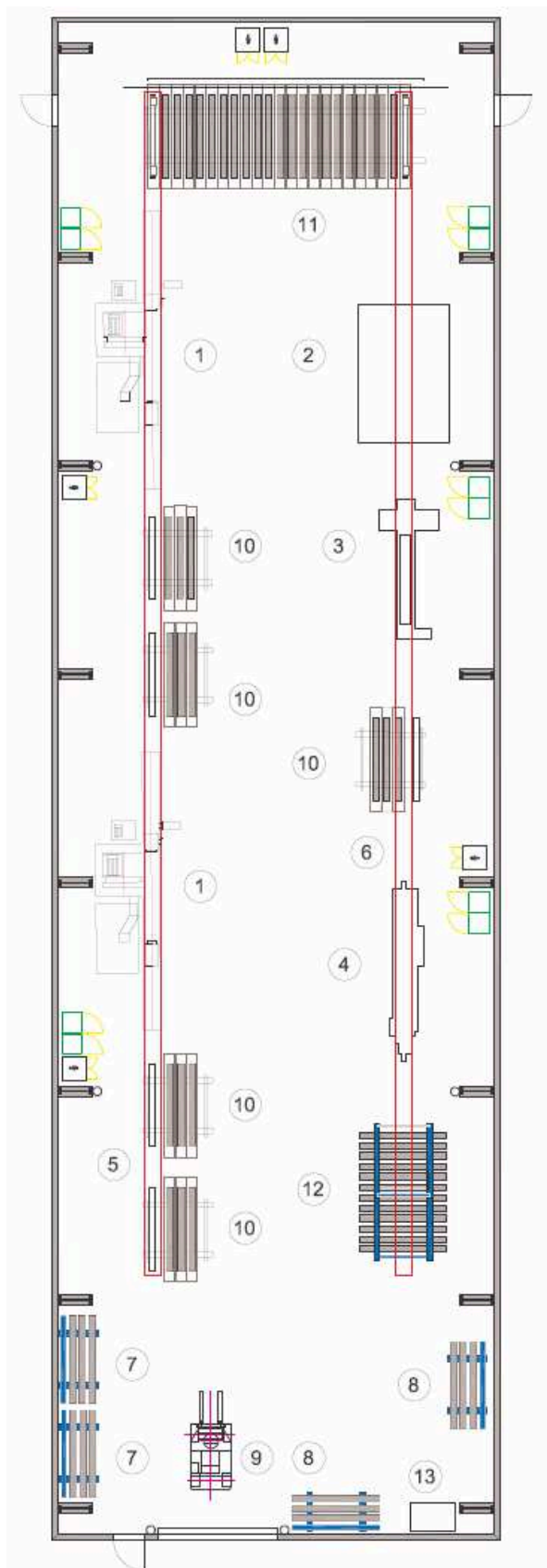
Nápravy budou do linky zaváženy výhradně z odkládacího dopravníku, následně budou umístěny do zařízení pro ultrazvukovou zkoušku, potom do zařízení pro magnetoskopickou zkoušku a nakonec položeny na kontrolní stůl. Zavážení musí být umožněno jak v ručním tak v automatickém cyklu.

Další vybavení

K dalšímu vybavení nového pracoviště budou patřit stojanové regály v počtu 4ks pro rozpracovanou a hotovou výrobu do nichž půjde uložit 72 ks náprav. Pro dopravu a manipulaci s nápravami bude nutné pořídit vysokozdvizný vozík.

Hala bude plně klimatizovaná, aby byly zajištěny optimální podmínky pro broušení.

5.3 Dispoziční řešení



1. bruska BUC 63 CNC
2. defektoskop MZO 3000
3. defektoskop DIO 2000
4. soustruh SUI 80
5. manipulační zařízení Güdel
6. manipulační zařízení Güdel
7. stojan pro navážení náprav
8. stojan pro hotové výrobky
9. vysoko zdvižný vozík
10. krokový dopravník s elevátorem
11. odkládací dopravník
12. kontrolní stůl
13. řídící jednotka klimatizace

Obrázek 10 – Dispoziční řešení

5.4 Cenové náklady

Pro realizaci nového pracoviště broušení náprav jsou doporučeny zařízení a vybavení v níže uvedené Tabulka 1:

Stroj/pracoviště/vybavení	pořizovací cena (tis.Kč)	Poznámka	Odpisová skupina
BUC 63 CNC	8 000	kompletně rekonstruovaná	2
BUC 63 CNC	8 000	kompletně rekonstruovaná	2
DIO2000	7 200	nové zařízení	2
MZO3000	6 000	nové zařízení	2
SUI80 - uvolňování	1 400	standardní provedení soustruhu	2
Mezioperační stoly,stoly pro uvolňování	900		2
Manipulační jeřábky,elevátory	2 200	nově konstruované a vyráběné dle zadání	3
Automatická doprava na bruskách -Güdel	15 000	nové zařízení	3
El,přípojky, rozvaděče	1 600	rozšíření rozvodny R6kB	5
Stojanové regály	900	vyráběné mimo BTG externě na základě nově vypracované výkr.dokumentace a statických pevn.výpočtů	2
Náklady na mechanismy, montáž, instalaci	1 500		2
Vysokozdvihový vozík 2,5t	1 500	pro návoz náprav v dávkách a odvoz k dalšímu zpracování	1
Klimatizace	900	pro zajištění stabilní teploty především v letním období a rozměrovou stálost u broušení	5
Základy pod BUC	1 400	speciální antivibrační základ	5
Ostatní základy a stavební úpravy	900		5
Vzduchové dveřní clony,úpravy vrat	800		2
Projekční práce	800		2
Finanční rezerva	5 000		2
Celkový součet	64 000		

Tabulka 1 – Cenové náklady

6 Zhodnocení navrženého řešení

6.1 Očekávané přínosy

Pořízením této investice dojde k navýšení objemů výroby náprav, které budou uplatněny resp. prodány jednak v namontovaném stavu na dvojkolí a jednak budou dodávány jako samostatné dle údajů uvedených výše. Dojde tak k dalšímu, resp. maximálnímu využití posledních volných kapacit BTG na úseku kování a tepelného zpracování náprav, které budou následně finalizovány, resp. obráběny na čisto. V případě potřeby bude uvažováno o omezení obrábění náprav v kooperacích a snižování nákladů s tímto spojených.

6.2 Návratnost investice

Na základě výše uvedených údajů je možné vypočítat celkovou návratnost investice do 3 let od začátku spuštění do provozu při financování z vlastních zdrojů. Detailní propočet ekonomické návratnosti investice je uveden v Tabulka 2.

Ekonomické zhodnocení investiční akce vychází z předpokládaného nárůstu objemu výroby náprav a s ním spojeným přínosem do zisku při průměrné uvažované rentabilitě u jednotlivých sortimentů náprav - nápravy pro nákladní vozy, nápravy pro hnací a projektová dvojkolí. Předpokládaná doba technicko-ekonomické životnosti instalovaných zařízení bude minimálně 7 let, po tomto období bude nutná GO brusek, soustruhu i zařízení pro NDT, případně manipulační dopravy.

Investiční záměr:

Rozšíření a intenzifikace výroby náprav

Náklady na pořízení:

- 1) *Kompletní LN2 s adaptací haly*
CELKEM

Datum
Rozpočet: plán.
64 000 viz. níže
64 000 (předání zařízení do HIM 1/2012)

Životnost zařízení:

10 let

Způsob financování:

vlastní zdroje 64 000 vratnost od počátku užívání z kumulovaného VH + odpisů: 2,95 let

VÝPOČET NÁVRATNOSTI (v tis.Kč)

rok	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Možná úspora:												
Navýšená kapacita náprav pro DV		4 800	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
Navýšená kapacita projektových náprav		3 200	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Dosažené tržby z navýšených kapacit LN2		225 600	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000
Výnosy celkem	0	225 600	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000	282 000
Přímé náklady LN2		195 200	244 000	244 000	244 000	244 000	244 000	244 000	244 000	244 000	244 000	244 000
Ostatní režijní náklady spojené s LN2		10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Náklady na běžnou údržbu		250	250	250	1 100	250	250	14 000	250	250	250	1 100
Odpisy		6 691	6 691	6 691	6 691	6 316	6 316	6 316	6 316	1 253	1 253	1 253
Náklady celkem	0	212 141	260 941	260 941	261 791	260 566	260 566	274 316	260 566	255 503	255 503	256 353
Zisk / Ztráta (dopad do výsledovky)	0	13 459	21 059	21 059	20 209	21 434	21 434	7 684	21 434	26 497	26 497	25 647
Zisk / Ztráta + odpisy (pohled cash-flow)	0	20 150	27 750	27 750	26 900	27 750	27 750	14 000	27 750	27 750	27 750	26 900
Hospodářský výsledek před zdaněním	0	13 459	21 059	21 059	20 209	21 434	21 434	7 684	21 434	26 497	26 497	25 647
Daň z příjmů	0	2 557	4 001	4 001	3 840	4 072	4 072	1 460	4 072	5 034	5 034	4 873
sazba daně	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%
Hospodářský výsledek po zdanění včetně odpisů	0	17 593	23 749	23 749	23 060	23 678	23 678	12 540	23 678	22 716	22 716	22 027
Hospodářský výsledek po zdanění (kumulovaný)	0	17 593	41 342	65 090	88 151	111 828	135 506	148 046	171 723	194 439	217 154	239 181
Výdaje spojené s pořízením investice	51 200	12 800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cash-flow = zisk + odpisy - daň - investiční výdaje	-51 200	4 793	23 749	23 749	23 060	23 678	23 678	12 540	23 678	22 716	22 716	22 027
cash-flow kumulovaný	-51 200	-46 407	-22 658	1 090	24 151	47 828	71 506	84 046	107 723	130 439	153 154	175 181

40% investice výdaj v roce 2011

60% investice výdaj v roce 2012

Spuštění v průběhu roku 2012, využití 80% disponibilní kapacity

Od uvedení do provozu návratnost 2,95 let.

7 Závěr

- Výstavbou nového pracoviště pro broušení náprav se rozšíří výrobní kapacita o 10000 náprav za rok.
- Broušením v klimatizované hale se sníží zmetkovitost.
- Návratnost investic je vypočtena na 3 roky.
- S ohledem na výše uvedené skutečnosti a přínos v rozvoji BTG doporučuji realizovat tuto investiční akci.

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Josefu Novákovi, CSc. z katedry mechanické technologie VŠB-TU Ostrava za inspiraci k řešení práce a kolegům z firmy BONATRANS GROUP a.s, p. Martinu Lazarovi technologovi LN, Ing. Radovanu Skybíkovi pracovníkovi tech. rozvoje a Ing. Michalu Cieslarovi plánovači-analytikovi za pomoc a rady.

LITERATURA:

- [1] ČERNOCH, S. *Strojně technická příručka* Praha: SNTL, 1977.
- [2] Interní dokumenty BTG (organizační normy, detailní technologické předpisy)
- [3] KOŠTURIÁK, J. a kol. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie* Žilina: EDIS, 2000. ISBN 80-7100-553-3
- [4] LÍBAL, V. a kol. *Organizace a řízení výroby* Praha: SNTL/ALFA, 1989. ISBN 80-03-0050-5
- [5] NOVÁK, J. *Organizace a řízení* Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1223-1
- [6] TOMEK, G.; VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby* Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-578-5
- [7] BONATRANS GROUP a.s. [online]. 2011 [cit. 3.května 2011]. Dostupný z WWW: <<http://www.bonatrans.cz/>>.
- [8] HUMÁR, A. *Technologie I. - Technologie obrábění 3.část* [online]. VUT Brno 2005 [cit. 5.března 2011]. Dostupný z WWW: <<http://www.fme.vutbr.cz/opory/>>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Logo firmy

Obrázek 2 - Mapa světa s vyznačením zemí odběratelů

Obrázek 3 – Hnací dvojkolí s převodovkou

Obrázek 4 – Řez pryží odpruženým složeným kolem

Obrázek 5 – Výrobní proces

Obrázek 6 – Schéma rozmístění výrobních procesů

Obrázek 7 – Popis částí nápravy

Obrázek 8 – Bruska Giustina

Obrázek 9 – Bruska BUC 63 CNC

Obrázek 10 – Dispoziční řešení

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Cenové náklady

Tabulka 2 – Návratnost investice